

PAT-NO: JP409281484A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09281484 A

TITLE: LIQUID CRYSTAL DISPLAY ELEMENT

PUBN-DATE: October 31, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

HISATAKE, YUZO

ABE, HIROTSUGU

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

TOSHIBA ELECTRON ENG CORP

N/A

TOSHIBA CORP

N/A

APPL-NO: JP08088062

APPL-DATE: April 10, 1996

INT-CL (IPC): G02F001/1335, G02F001/137

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a liquid crystal display element having high reflectance and contrast ratio and low driving voltage by causing transition between a homeotropic arrangement and a focal conic arrangement of a chiral nematic liquid crystal having negative dielectric anisotropy.

SOLUTION: This liquid crystal layer 103 is composed of a chiral nematic liquid crystal 106 having negative dielectric anisotropy and 0.6 to 0.8 helical power and a polymer network 107 dispersed in the chiral nematic liquid crystal 106. The liquid crystal layer 103 is held between a first substrate 101 and a second substrate 102 having plural pixels. A voltage applying means to apply voltage on the liquid crystal layer 103 is formed on the surfaces of the first substrate 101 and second substrate 102 facing the liquid crystal layer 103. When no voltage is applied, this liquid crystal display element has <1 helical power and a homeotropic arrangement and it transmits light entering the element. When voltage is applied, the helical power becomes >1 and the element has a focal conic arrangement and scatters the light.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

【特許請求の範囲】

【請求項1】 誘電率異方性が負であるカイラルネマティック液晶と、このカイラルネマティック液晶中に分散したポリマーネットワークとからなる液晶層と、

第1の基板との間に前記液晶層を挟持する第2の基板と、

第1の基板と第2の基板の前記液晶層を挟持する面に形成された、前記液晶層に電圧を印加する電圧印加手段とを具備したことを特徴とする液晶表示素子。

【請求項2】 誘電率異方性が負であり、螺旋力が0.6～0.8であるカイラルネマティック液晶と、このカイラルネマティック液晶中に分散したポリマーネットワークとからなる液晶層と、

第1の基板との間に前記液晶層を挟持する第2の基板と、

第1の基板と第2の基板の前記液晶層を挟持する面に形成された、前記液晶層に電圧を印加する電圧印加手段とを具備したことを特徴とする液晶表示素子。

【請求項3】 前記電圧印加手段は第1の基板または第2の基板に形成された電極と、この電極に接続した非線形スイッチング素子とを具備したことを特徴とする請求項1乃至2のいずれかに記載の液晶表示素子。

【請求項4】 第1の基板または第2の基板はカラーフィルターを具備したことを特徴とする請求項1乃至2のいずれかに記載の液晶表示素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は液晶表示素子に関わる。

【0002】

【従来の技術】 近年、従来のCRTに代わる新しい表示装置が幅広く用いられており、液晶表示装置もその1つである。液晶表示装置は、投影型テレビジョン、小型テレビジョンをはじめパーソナルコンピュータ・ワードプロセッサ・EWSなどのOA用機器の表示装置、電卓・携帯電話・電子ブック・電子手帳など携帯用情報端末の表示装置など多方面にわたって用いられている。

【0003】 このような表示装置は例えばバッテリー駆動する等の必要から消費電力の小さな表示装置が求められており、液晶表示装置は小型化、薄型化、低消費電力動作が可能であることから広く実用化されている。

【0004】 液晶自体は発光しない非発光型表示素子であるから、従来の液晶表示装置は透過型、すなわち液晶パネルの背面にバックライトと呼ばれる平面型の照明装置を設けた方式が主流であった。しかしバックライトは消費電力が比較的大きく、液晶表示装置の本来の長所であるはずの低電力動作を阻害する大きな要因となっていた。

【0005】 近年、反射型液晶表示素子が注目されている。反射型液晶表示装置は液晶パネルの背面に光を反射

するための反射板を設け、周囲光を前面に反射して表示を行う方法である。この方法ではバックライトが不要なため大幅な低消費電力化を図ることができる。

【0006】 反射型液晶表示素子は周囲の光を利用しており、また液晶部の光の透過率が数%～数十%と低いため、周囲光の反射率が高くないと十分な表示品質が得られない。

【0007】 反射型液晶表示素子を液晶表示素子自体の反射率の観点から分類すると、偏光板を2枚用いる表示モード、1枚用いる表示モード、用いない表示モードの3種類に分類することができる。

【0008】 偏光板を2枚用いる表示モードとしては例えば図7に示すTN (Twisted Nematic) 型液晶表示素子がある。このTN型液晶表示素子は光路的に、偏光板を4回、基板を4回通過する。これらに対する光の透過率のうち、偏光板に対する透過率の少なくとも1回分は原理的に50%以下であり、実際には40%程度である(偏光子の機能を果たす偏光板)。さらに、他の偏光板や基板においても光の吸収があるので、液晶表示素子の反射率としては著しく低い。

【0009】 偏光板を1枚用いる表示モードとしては例えば図8に示すECB (Electrically Controlled Birefringence) 型液晶表示素子がある。このECB型液晶表示素子では反射板をセル内面に設けることにより、TN型液晶表示素子と比較した場合、光路的に偏光板2回、基板2回分の光吸収を削減できる。したがって、液晶表示素子の反射率としては、TN型液晶表示素子よりも若干高い。

【0010】 これら偏光板を用いる表示モードと比較して、偏光板を用いない表示モードとしては、例えば図9に示すPC-GH (Phase Change Guest Host) 型液晶表示素子、図10に示すPDLC (Polymer Dispersed Liquid Crystal) 型液晶表示素子、また図7に示すPSC-T型液晶表示素子 (Polymer Stabilized Cholesteric Texture) などがある。これらは光吸収の大きい偏光板を用いない分、偏光板を用いる液晶表示素子よりも反射率は高くなる。また、偏光板を1枚用いるECB型液晶表示素子と同様に、反射板をセル内面に設けることにより、基板を2回透過する分の光吸収を削減することができる。したがって、偏光板を用いる表示モードと比較して反射率は著しく高くなる。

【0011】 しかしながら図9に示すPC-GH型液晶表示素子は暗状態を得るために液晶材料に極めて強いカイラリティを与えて強い螺旋構造の分子配列としている。これを明状態にするには、この強い螺旋状態をほどき、かつ液晶分子を垂直にチルトさせる必要がある。このためには極めて高い電圧を印加する必要がある、消費電力が大きくなるという問題がある。また表示容量が大

きい場合には応用できないという問題もある。

【0012】また、カイラリティの与えられた強い螺旋構造の分子配列状態、極めて高い電圧が印加された強い螺旋構造がほどかれた状態ともにある程度の安定性がある。したがって、電気光学特性（印加電圧に対する反射率・透過率特性）にヒステリシスを生じ、中間調表示（階調表示）が困難であるという問題がある。

【0013】さらに、光吸収を得るために2色性染料を液晶に混合しているが、染料の信頼性が低いため実用に適さない。

【0014】また、図10に示すPDL C型液晶表示素子は、液晶を高分子中に分散させて光散乱を利用する表示モードである。PC-GH型液晶表示素子と比べ中間調表示が可能であるが、散乱特性の向上と駆動電圧の低減はトレードオフの関係にあり、十分な後方散乱を得るためには高電圧での駆動が必要であるという問題がある。

【0015】また、図11に示すP S C T型液晶表示素子は、コレステリック液晶の選択反射を使用する表示モードである。正の誘電率異方性を有するカイラルネマティック液晶中に高分子化合物を混合することでプレーナ構造の安定化やフォーカルコニック構造での散乱能の向上を実現している。しかしながら、非常に強い螺旋構造の分子配列をほどかなくてはならないために、非常に高い駆動電圧が必要となり消費電力が大きくなるという問題がある。また表示容量が大きい場合には応用できないという問題もある。

【0016】このように従来の反射型液晶表示素子では、反射率が低く十分な表示品質が得られないという問題がある。また、反射率が高くて大容量高精細ディスプレイには応用できないという問題がある。さらに、反射率が高くて駆動電圧が必要で、消費電力が大きいという問題がある。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】本発明はこのような問題点を解決するためになされたものである。すなわち本発明は、反射率の高い液晶表示素子を提供することを目的とする。また、本発明は、反射率、コントラスト比が高く駆動電圧が低い液晶表示素子を提供することを目的とする。

【0018】さらに本発明は大容量高精細な表示を実現する液晶表示素子を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明の液晶表示素子は、誘電率異方性が負であるカイラルネマティック液晶と、このカイラルネマティック液晶中に分散したポリマーネットワークとからなる液晶層と、第1の基板との間に前記液晶層を挟持して複数の画素を形成する第2の基板と、第1の基板と第2の基板の前記液晶層を挟持する面に形成された、前記液晶層に電圧を印加する電圧印加

手段とを具備したことを特徴とする。

【0020】また、本発明の液晶表示素子は、誘電率異方性が負であり、螺旋力が0.6～0.8であるカイラルネマティック液晶と、このカイラルネマティック液晶中に分散したポリマーネットワークとからなる液晶層と、第1の基板との間に前記液晶層を挟持して複数の画素を形成する第2の基板と、第1の基板と第2の基板の前記液晶層を挟持する面に形成された、前記液晶層に電圧を印加する電圧印加手段とを具備したことを特徴とする。

【0021】ここで、螺旋力とはカイラルネマティック液晶分子の螺旋軸の長さを d 、螺旋ピッチを p としたとき、 d/p で表される値である。螺旋軸の長さは、実効的なセルギャップに対応している。

【0022】本発明の液晶表示素子の電圧印加手段は第1の基板または第2の基板に形成された電極と、この電極に接続した非線形スイッチング素子とを具備するようにしてもよい。

【0023】さらに、第1の基板または第2の基板にはカラーフィルターを形成するようにしてもよい。

【0024】すなわち、本発明の液晶表示素子は液晶の配向状態、相状態を制御するための電圧印加手段が形成された基板間に誘電率異方性が負であるカイラルネマティック液晶にポリマーネットワークを分散させた液晶組成物を挟持したものである。そして、カイラルネマティック液晶の相状態により光の透過と散乱を制御して表示を行う。つまり、電圧無印加時にはホメオトロピック配列として液晶表示素子への入射光を透過し、電圧印加時にはフォーカルコニック配列として入射光を散乱することにより明状態と暗状態とを実現する。

【0025】すなわち本発明の液晶表示素子においては、電圧無印加時には $(d_{off})/p$ を1より小さくしホメオトロピック配列として入射光を透過し、電圧印加時には $(d_{on})/p$ を1より大きくしてフォーカルコニック配列として入射光を散乱する。言い換えれば、カイラルネマティック液晶分子の電圧無印加時の螺旋軸の長さ d_{off} を螺旋ピッチ p より小さくすることによりホメオトロピック配列とし、電圧印加時の螺旋軸の長さ d_{on} を螺旋ピッチ p より大きくすることによりフォーカルコニック配列とするのである。

【0026】カイラルネマティック液晶の螺旋力を1以下に設定することにより、電圧無印加時に液晶分子がプレーナ配列（グランジュアン組織）とならない。

【0027】またカイラルネマティック液晶は、螺旋力が0.6～0.8であるものを用いることが好適である。螺旋力が0.6より小さいと d/p を1より大きくしてフォーカルコニック配列にするのに大きな電圧を要するからである。

【0028】本発明の液晶表示素子の基板に挟持されたカイラルネマティック液晶中にはポリマーネットワーク

が形成されている。このポリマーネットワークにより形成される界面に液晶が吸着することにより液晶分子の配向状態は安定化する。ポリマーネットワークは、例えば液晶に紫外線硬化性樹脂を混合して基板間（セル）に注入後、紫外線を照射して析出させて形成するようにしてもよい。

【0029】また、液晶中にネットワークを形成するポリマーの屈折率 n_p を、カイラルネマティック液晶の電圧無印加時の屈折率 n_{off} 、すなわち常光屈折率 n_o と等しくなるように設定すれば、よりよい透過率が得られる。

【0030】

【発明の実施の形態】以下に本発明の液晶表示素子について詳細に説明する。

【0031】図1は本発明の液晶表示素子のセル構造の1例を模式的に示す図である。図1はマトリクス型液晶表示素子のセルの1部を示している。

【0032】この液晶表示素子100は、第1の基板101と第2の基板102との間に液晶層103が挟持されている。

【0033】第1の基板101の液晶層103を挟持する側の面にはストライプ状の電極104aと、配向膜105aとが形成されている。また、第2の基板102の液晶層103を挟持する側の面にはストライプ状の電極104bと、配向膜105bとが形成されている。配向膜105は液晶分子が垂直配向するように形成した。液晶層103は、誘電率異方性が負であるカイラルネマティック液晶分子106からなる液晶組成物中に、ポリマーネットワーク107が形成されたものである。カイラルネマティック液晶106の螺旋力は0.7であるものを用いた。

【0034】ポリマーネットワークは、例えばヘチマの繊維のように、セル内に3次元的に広がるドメインを構成するように形成した。個々のドメインは隣接するドメインと連通していてもよいし、独立していてもよい。ドメインの典型的な大きさは1画素の大きさよりも小さくなるように形成した。

【0035】また、この液晶中にネットワークを形成するポリマーの屈折率は、用いたカイラルネマティック液晶106の常光屈折率と等しくなるようにした。

【0036】電極104aと電極104bは互いに直交して画素を形成するように配設されている。

【0037】また、光透過状態のとき黒表示となるように、第1の基板101の背面には黒板108が配設されている。この黒板によりセルを透過した光は吸収され黒表示となる。

【0038】次に、この液晶表示素子100の動作について説明する。

【0039】基板101、102の液晶層103を挟持する面には垂直配向処理がなされているから、液晶分子

は基板に対して垂直に配列する。したがって、液晶層103に電圧を印加しない状態では、セル全体としては液晶分子106はホメオトロピック配列となっている。この状態では、液晶表示素子100に入射する光は透過することになる（図2）。

【0040】カイラルネマティック液晶106の螺旋力 d/p を1以下に設定しておくことで、液晶分子106の配列がプレーナー配列になることを防いでいる。

【0041】次にこの状態から電圧を印加すると、液晶分子106は電界方向から傾いた状態に変化する（図3）。この際、実効的なセルギャップ d は、実際の基板間距離 d_0 よりも大きくなる。 d/p が1より大きくなった場合には、液晶層にはコレステリック組織が出現して液晶分子106はフォーカルコニック配列となる。

【0042】したがって、液晶表示素子100に入射した光はドメイン間の急激な屈折率の差により散乱（白）される（図4）。

【0043】本発明の液晶表示素子100では、液晶の分子配列は、低い駆動電圧によりホメオトロピック配列（光透過状態）からフォーカルコニック配列（光散乱状態）へと遷移する。また、電圧を除去すれば、ポリマーネットワークに吸着した液晶分子により急速にホメオトロピック配列に戻る。

【0044】従来のPSTC型液晶表示素子ではフォーカルコニック配列やプレーナー配列の螺旋構造をほどこしてやる必要があるために非常に高い駆動電圧を必要としていた。これに対し本発明の液晶表示素子では d/p の値を適正に設定することで、ホメオトロピック配列とフォーカルコニック配列との状態遷移が液晶分子のわずかなチルト変化により実現することができる。したがって低い駆動電圧により光透過状態（暗状態）と光散乱状態（明状態）とを遷移させることができる。

【0045】また、本発明の液晶表示素子は低い電圧により駆動できるので、大容量のディスプレイに適用することができる。

【0046】本発明の液晶表示素子では、ポリマーネットワークを液晶中に分散させることによって、液晶の配向安定性を大きく改善している。また、液晶の応答性が格段に向上している。

【0047】ここでは、マトリクス型の液晶表示素子について説明したが、薄膜トランジスタやMIM（Metal-Insulator-Metal）などの非線形スイッチング素子を用いてアクティブマトリクス型の液晶表示素子にも全く同様に適用できる。

【0048】図5は図1に例示した液晶表示素子と同様の液晶層を有するアクティブマトリクス型液晶表示装置の1例を概略的に示す図であり、1画素の1部分を示している。

【0049】また図6はこの液晶表示素子の構成を模式的に示す図である。図3では液晶層と配向膜は図示して

いない。

【0050】この液晶表示素子200は、アレイ基板201と対向基板202との間に液晶層203が挟持されている。

【0051】液晶層203は、図1に例示した液晶表示素子100の液晶層103同様に、誘電率異方性が負であるカイラルネマティック液晶分子204からなる液晶組成物中に、ポリマーネットワーク205が形成されたものである。

【0052】アレイ基板201には例えばITOからなる画素電極206と、この画素電極206に電圧を印加する薄膜トランジスタ207が形成されている。薄膜トランジスタ207は走査線208に印加される電圧によりオン、オフし、オン状態のとき信号線209に印加された電圧を画素電極206に印加する。

【0053】この液晶表示素子200ではコプラナ型の薄膜トランジスタを採用した例を示したが、逆スタガ型の薄膜トランジスタを用いるようにしてもよい。また薄膜トランジスタのような3端子の非線形スイッチング素子だけでなく、例えばダイオードのような2端子の非線形スイッチング素子を用いるようにしてもよい。

【0054】また、アレイ基板201の液晶層203を挟持する側の面には液晶分子が垂直配向するような配向膜210が形成されている。

【0055】対向基板202にはガラスなどの透明絶縁性基板211上に、カラーフィルタ層212と、例えばITOなどの透明導電性膜からなる対向電極213が形成されており、さらに液晶層203を挟持する側の面には液晶分子が垂直配向するような配向膜214が形成されている。

【0056】この液晶表示素子200の動作については、前述した液晶表示素子100と同様である。

【0057】次に、例えば図1に例示したような本発明の液晶表示素子の製造方法の1例について説明する。

【0058】まず、例えばITO(Indium Tin Oxide)などの透明導電膜により液晶に電圧を印加し駆動するための電極104が形成された基板を作成した。

【0059】つぎにこれらの基板上に配向膜105として例えばJALS-204-R14((株)日本合成ゴム製)を印刷、焼成して形成した。

【0060】ついで、基板間隔を保持するスペーサーとして例えば粒径10 μ mのマイクロバルSP((株)積水ファインケミカル製)を一方の基板上に散布した。

【0061】さらに、一方の基板上に有効表示領域周辺に約5mm幅の開口部を設けた周辺シールパターンを例えばスクリーン印刷法により形成した。シール材としては、例えば1液性エポキシ樹脂であるXN-21(三井東圧化学(株)製)などを用いるようにしてもよい。

【0062】そして2枚の基板101、102にそれぞれ

れ形成したストライプ状電極104a104bの方向が直交した状態で重ね合わせ、基板間隔がスペーサーの粒径と等しくなるように加圧しながら180℃で2時間焼成し、本発明の液晶表示素子の空セルを得た。

【0063】その後、空セルに液晶材料として、負の誘電率異方性を示す液晶組成物106ZLI-4850(E. Merck製)に、カイラル剤S811(メルクジャパン製)を0.8wt%及びポリマーネットワーク107の材料である紫外線硬化性樹脂PN393(E. Merck製)を0.8wt%添加したものを減圧注入法で注入した。

【0064】そしてセル全面に紫外線を照射して紫外線硬化性樹脂を硬化させ、セル内にポリマーネットワーク107を形成した。

【0065】ついで、形成した周辺シールパターンの開口部を封止して、本発明の液晶表示素子100を得た。

【0066】このようにして形成した液晶表示素子の電気光学特性を測定してみたところ、駆動電圧に対する反射率の変化は急峻であり、しかもヒステリシスは見られなかった。さらに駆動電圧が8Vと、従来のPST型液晶表示素子と比較して著しく低下させることができた。

【0067】また、反射率は40%、コントラスト比が10:1と反射型液晶表示素子としては非常に良好な表示が確認できた。

【0068】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の液晶表示素子は、誘電率異方性が負であるカイラルネマティック液晶のホメオトロピック配列とフォーカルコニック配列とを遷移させることにより、反射率とコントラスト比が高く駆動電圧が低い液晶表示素子である。したがって、大容量高精細な表示を実現することができる。

【0069】本発明の液晶表示素子では液晶中にポリマーネットワークを形成することにより、液晶分子の配列を安定化し、低電圧でヒステリシスなしに駆動することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の液晶表示素子の構成を概略的に示す図。

【図2】本発明の液晶表示素子の動作を模式的に示す図。

【図3】本発明の液晶表示素子の動作を模式的に示す図。

【図4】本発明の液晶表示素子の動作を模式的に示す図。

【図5】本発明の液晶表示素子の構成を概略的に示す図。

【図6】図5の液晶表示素子の構成を模式的に示す図。

【図7】従来のTN型液晶表示素子の構成を概略的に示す図。

9

10

【図8】従来のECB型液晶表示素子の構成を概略的に示す図。

【図9】従来のPC-GH型液晶表示素子の構成を概略的に示す図。

【図10】従来のPDL型液晶表示素子の構成を概略的に示す図。

【図11】従来のPST型液晶表示素子の構成を概略的に示す図。

【符号の説明】

100……液晶表示素子、101……第1の基板、102

2……第2の基板

103……液晶層、104a、104b……電極

105a、105b……配向膜、106……液晶分子、

107……ポリマーネットワーク、108……黒板

200……液晶表示素子、201……アレイ基板、20

2……対向基板

203……液晶層、204……液晶、205……ポリマ

ーネットワーク、206……画素電極、207……薄膜トランジスタ、208……走査線

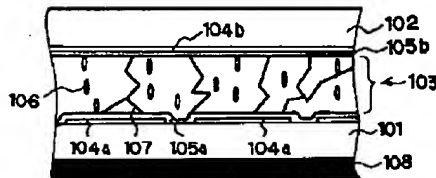
209……信号線、210……配向膜、211……透明

絶縁性基板

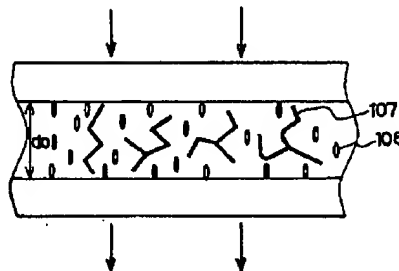
212……カラーフィルタ、213……対向電極、21

4……配向膜

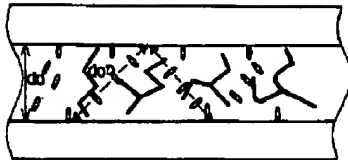
【図1】



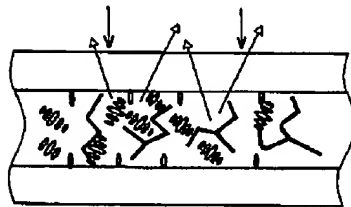
【図2】



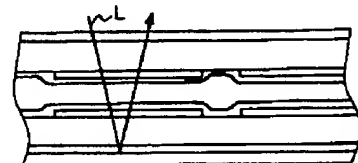
【図3】



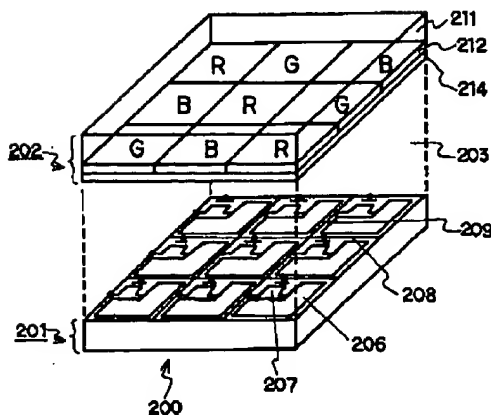
【図4】



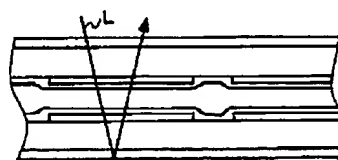
【図7】



【図6】



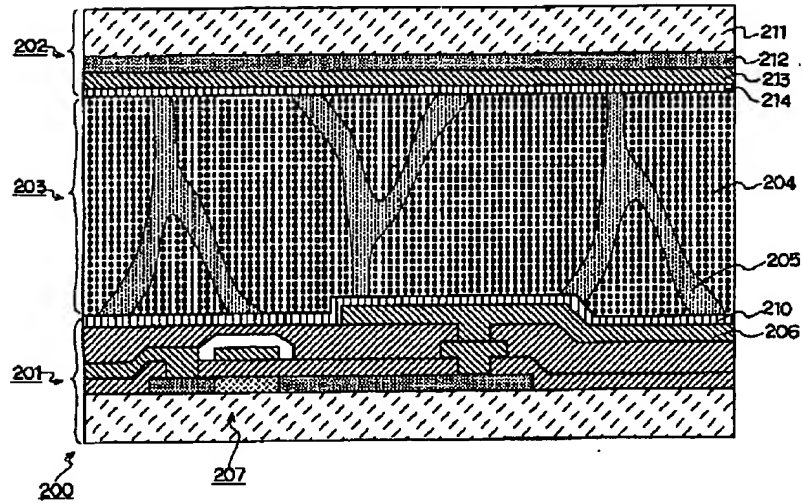
【図8】



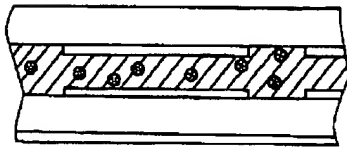
【図9】



【図5】



【図10】



【図11】

